

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年12 月9 日 (09.12.2004)

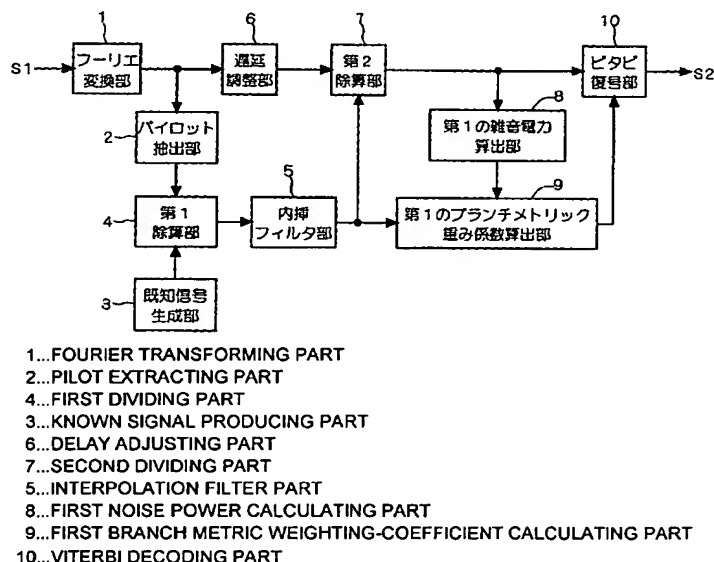
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/107622 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H04J 11/00 [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 有田 栄治 (ARITA, Eiji) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016299
- (22) 国際出願日: 2003 年12 月19 日 (19.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-153913 2003 年5 月30 日 (30.05.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 井戸 純 (IDO, Jun)
- (74) 代理人: 吉田 茂明, 外 (YOSHIDA, Shigeaki et al.); 〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見1丁目4番70号住友生命OBPプラザビル10階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (国内): JP, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: OFDM SIGNAL RECEIVER APPARATUS AND OFDM SIGNAL RECEIVING METHOD

(54) 発明の名称: OFDM信号受信装置及びOFDM信号受信方法



(57) Abstract: An OFDM signal receiver apparatus wherein weighting for branch metrics is performed based on noise average power or signal-to-noise power ratio, and Viterbi decoding is performed based on a result of that weighting. The power corresponding to noise components included in a demodulated signal is calculated based on the demodulated signal. A noise power calculating part (8) outputs a noise power signal corresponding to a result of that calculation. A weighting coefficient calculating part (9) calculates a weighting coefficient for the branch metrics, based on a transmission path characteristic corresponding to the subcarrier components outputted from an interpolation filter part and based on the noise power signal. A decoding part (10) decodes, based on the weighting coefficient, the demodulated signal.

[続葉有]

WO 2004/107622 A1



(57) 要約: 本発明は、OFDM信号の受信装置に関し、雑音平均電力又は信号対雑音電力比に基づいてブランチメトリックに対する重み付けを行い、当該重み付けを行った結果に基づいてビタビ復号を行っている。本発明では、復調信号に基づいて、当該復調信号に含まれる雑音成分に対応する電力を算出して、当該算出の結果に対応する雑音電力信号を雑音電力算出部8より出力し、内挿フィルタ部から出力されたサブキャリア成分に対応する伝送路特性と雑音電力信号とに基づいてブランチメトリックに対する重み係数を重み係数算出部9で算出し、重み係数に基づいて復調信号を復号部10復号する。

明 細 書

発明の名称

OFDM信号受信装置及びOFDM信号受信方法

技術分野

本発明は、直交周波数分割多重 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing、以下、OFDMという。) 信号の、受信装置又は受信方法に関する。

背景技術

従来のOFDM信号の受信装置 (以下、単に受信装置ともいう。) は、まず、OFDM信号をフーリエ変換する。そして、フーリエ変換した結果得られるサブキャリア成分と同期して、当該受信装置において既知信号である送信前のパイロット信号 (以下、送信パイロット信号ともいう。) を発生させる。当該受信装置は、受信したOFDM信号に含まれるサブキャリア成分におけるパイロット信号 (以下、受信パイロット信号ともいう。) のサブキャリア成分を送信パイロット信号で除算することで、当該受信パイロット信号に対応する伝送路特性を算出する。そして、受信パイロット信号の伝送路特性を時間方向及び周波数方向に内挿する内挿フィルタでフィルタリングすることで、全てのサブキャリア成分に対応する伝送路特性を算出する。さらに、サブキャリア成分を内挿フィルタの出力に対応する伝送路特性で除算して、当該サブキャリア成分の位相及び振幅の補正を行い、サブキャリア成分の復調をする。

次に、畳み込み符号化されたデータが直交周波数分割多重方式で伝送されてきた場合は、各サブキャリア成分に復調された後にビタビ復号器において復号する必要がある。ここで、ビタビ復号とは畳み込み符号の持つ繰り返し構造を利用して、最尤復号を効率的に実行する復号方法である。まず、ビタビ復号器では、位相及び振幅を補正した後のサブキャリア成分の受信点配置と、変調方式に依存して一義的に定まる信号点配置との間の尤度を示すブランチメトリックを求める。

そして、可能性のあるトレリスの全ての生き残りパスを求め、それぞれのパスのブランチメトリックを累積加算し、累積加算結果が最も小さいパスを選択する。ビタビ復号器では、この選択されたパスのステートを復号結果として出力し、送信データを再生する。

特開2002-344414号公報（以下、特許文献1という）1に、ビタビ復号器を有するOFDM信号の受信装置の一例が示されている。特許文献1におけるOFDM信号の受信装置は、フーリエ変換して得られる振幅変調信号を波形等化するイコライザと、ビタビ復号器を内部に有した伝送路復号回路とを備えている。当該受信装置においては、OFDM信号のシンボルの帯域端に位置するサブキャリアに変調されている信号に対応するブランチメトリックの重み付けを、シンボルの帯域中心のサブキャリアに変調された信号に対応するブランチメトリックの重み付けよりも軽くする。これにより、シンボルの帯域端に位置するサブキャリアに変調されている信号のステートメトリックへの寄与度を、帯域中心に位置するサブキャリアに変調されている信号よりも低くしている。

上記のような従来のOFDM信号の受信装置では、復調したサブキャリア成分の信号点配置と、変調方式に依存して一義的に定まる信号点配置との尤度であるユークリッド距離を演算し、その結果に基づいてブランチメトリックを算出している。そのため、従来の受信装置で求められたブランチメトリックには、信号点配置間のユークリッド距離（以下、単に距離ともいう）は考慮されているが復調信号に含まれる雑音成分の平均に対応する電力（以下、雑音平均電力ともいう。）、又は雑音電力と所望の信号電力（例えば、受信信号に対応する電力。）との電力比（以下、信号電力対雑音電力比ともいう）は考慮されていない。また、特許文献1における受信装置においては、シンボルの帯域での位置を考慮してブランチメトリックを算出しているものの、復調信号に含まれる雑音成分に対応する雑音平均電力又は信号対雑音電力比は考慮されていない。

しかし、OFDM信号を移動しながら受信する場合には、受信信号の電力が時間的に大きく変化するため、前記雑音平均電力又は前記信号対雑音電力比もまた時間変動する。これに対し、復調信号から算出されるユークリッド距離においては、復調信号に含まれる雑音平均電力や信号対雑音電力比の絶対量が考慮されて

いないため、復調信号の復号において雑音に対応する電力の変化の影響を抑えることができず、当該復調信号を復号した後の信号に対応する誤り率を十分に小さくできないという問題点があった。

発明の開示

本発明は、上述のような課題を解消するためになされたもので、前記雑音平均電力又は信号対雑音電力比に基づいてブランチメトリックに対する重み付けを行い、当該重み付けを行った結果に基づいてビタビ復号を行うことで、前記雑音平均電力又は信号対雑音電力比の時間変化やその絶対値の影響を小さくすることができるOFDM信号の受信装置を得ることを目的とする。

本発明に係るOFDM信号受信装置の態様は、受信したOFDM信号をフーリエ変換して、当該フーリエ変換の結果得られるサブキャリア成分を出力するフーリエ変換部と、前記サブキャリア成分に含まれるパイロット信号を抽出するパイロット信号抽出部と、前記パイロット信号に対応する既知信号を生成して出力する既知信号生成部と、前記パイロット信号を前記既知信号で除算して、前記パイロット信号に対応する伝送路特性を出力する第1除算部と、前記パイロット信号に対応する伝送路特性に基づいて、前記サブキャリア成分に対応する伝送路特性を算出する内挿フィルタ部と、前記フーリエ変換部から出力された前記サブキャリア成分を、前記内挿フィルタ部から出力された前記伝送路特性で除算して復調信号を出力する第2除算部と、前記復調信号に基づいて、当該復調信号に含まれる雑音成分に対応する電力を算出して、当該算出の結果に対応する雑音電力信号を出力する雑音電力算出部と、前記内挿フィルタ部から出力された前記サブキャリア成分に対応する伝送路特性と前記雑音電力信号とに基づいてブランチメトリックに対する重み係数を算出する重み係数算出部と、前記重み係数に基づいて前記復調信号を復号する復号部とを備える。

本発明に係るOFDM信号の受信装置の態様によれば、雑音電力を考慮したビタビ復号が可能となり、復号後の誤り率を低減することができる。

この発明の目的、特徴、局面、及び利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る OFDM 信号の受信装置の構成図である。

図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る OFDM 信号の概念図である。

図 3 は、本発明の実施の形態 1 に係る OFDM 信号の信号点図である。

図 4 は、本発明の実施の形態 1 に係る雑音電力算出部の構成図である。

図 5 は、本発明の実施の形態 1 に係るブランチメトリック重み係数算出部の構成図である。

図 6 は、本発明の実施の形態 1 に係るピタビ復号部の構成図である。

図 7 は、本発明の実施の形態 2 に係る OFDM 信号の受信装置の構成図である。

図 8 は、本発明の実施の形態 3 に係る OFDM 信号の受信装置の構成図である。

図 9 は、本発明の実施の形態 3 に係るブランチメトリック重み係数算出部の構成図である。

図 10 は、本発明の実施の形態 3 に係るレベル変換テーブルの関数を示す図である。

図 11 は、本発明の実施の形態 4 に係る OFDM 信号の受信装置の構成図である。

図 12 は、本発明の実施の形態 4 に係るブランチメトリック重み係数算出部の構成図である。

発明を実施するための最良の形態

(実施の形態 1)

まず、直行周波数分割多重方式の伝送技術について説明する。この直交周波数分割多重方式は、互いに周波数が直交する複数の搬送波（以下、サブキャリア成分ともいう。）を使って送信データを伝送し、受信装置において送信データを再生する伝送方式である。なお、本実施の形態 1 においては、畳み込み符号化した送信データを直交周波数分割多重方式によって送受信する場合について説明する。この場合、送信装置において所定の符号化率で畳み込み符号化された送信データは、各サブキャリア成分の変調方式に応じた信号点配置に割り振られる。具体的

には、送信データに対して逆フーリエ変換を行い、互いに周波数が直交する複数のサブキャリア成分が多重する信号（以下、多重信号ともいう。）を生成した後、当該多重信号の最後尾から所定の長さのデータ区間をガード区間として多重信号の先頭に付加し送信信号を生成する。その後、当該送信信号は、所定の周波数帯域に周波数変換して送信される。

一方、受信装置においては、受信した信号を所定の周波数帯域に周波数変換し、ガード区間の位置を特定して同期を確立する。その後、同期を確立した受信信号に対してフーリエ変換を行い、各サブキャリア成分を算出する。そして、サブキャリア成分毎に復調した後、ビタビ復号を行って送信データを再生する。

サブキャリア成分の復調は、送信信号に対応する振幅及び位相と、フーリエ変換をした結果得られる信号に対応する振幅及び位相との間の変化量を算出し、当該算出した結果に基づいて送信時の信号点配置を再生する。これを実現する方式として、振幅及び位相の変化量を算出するために特定のサブキャリアを使って既知信号であるパイロット信号を送信する方式が広く知られている。例えば、日本における地上デジタルTV放送方式においては、周波数方向にサブキャリア成分12個おきに、かつ時間方向には4シンボルおきにスキップ・パイロット信号（以下、パイロット信号ともいう）が挿入されている。日本における地上波デジタルTV放送では、受信装置において前記パイロット信号をもとにサブキャリアの復調を行っている。

図1に、本実施の形態に係るOFDM信号の受信装置の構成図を示す。図1では、受信したOFDM信号を所定の信号帯域に周波数変換して得られる信号（以下、S1ともいう）が、フーリエ変換部1に入力される。フーリエ変換部1に入力されたS1は、所定のタイミングでフーリエ変換され、当該フーリエ変換の結果はパイロット抽出部2及び遅延調整部6に入力される。パイロット抽出部2は、受信したOFDM信号に含まれる受信パイロット信号を抽出して第1除算部4に出力する。送信装置においてOFDM信号に挿入され、受信パイロット信号に対応するパイロット信号、すなわち、送信パイロット信号は受信装置に予め設定されており、既知信号である。既知信号生成部3は、既知信号である送信パイロット信号を生成して第1除算部4に出力する。なお、既知信号生成部3は、送信バ

パイロット信号をパイロット信号抽出部 2 の出力に同期したタイミングで生成して出力する。

第 1 除算部 4 では、パイロット抽出部 2 の出力である受信パイロット信号を既知信号生成部 3 で発生した送信パイロット信号で除算し、各受信パイロット信号に対応する伝送路特性を算出する。この段階で算出された伝送路特性は、各受信パイロット信号が含まれるサブキャリア成分に対してのみ得られる。そのため、この受信パイロット信号に対応する伝送路特性から、全てのサブキャリア成分に対する伝送路特性を得るには、フィルタリングによる内挿処理が必要となる。

図 2 に、日本における地上波デジタル TV 放送方式に係るパイロット信号の配置図を示す。図 2 において、横軸は周波数、縦軸は時間であり、パイロット信号を黒丸、それ以外のサブキャリア成分を白丸として表している。そして、図 2 において、パイロット信号は、周波数方向ではシンボル 12 個おきに、時間方向ではシンボル 4 個おきに挿入されている。

したがって、このパイロット信号に対応する伝送路特性から全てのサブキャリア成分に対応する伝送路特性を算出するには、当該パイロット信号に対応する伝送路特性に基づいて時間方向と周波数方向の内挿処理を行う必要がある。そこで、本実施の形態における受信装置では、第 1 除算部 4 の出力に対し、内挿フィルタ部 5 を設けている。内挿フィルタ部 5 では、前記時間方向への内挿処理及び周波数方向への内挿処理を行う。この内挿処理によりパイロット信号に対応する伝送路特性から、全てのサブキャリア成分に対応する伝送路特性を推定することができる。

一方、遅延調整部 6 は、内挿フィルタ部 5 から出力された各サブキャリア成分に対応する伝送路特性と、フーリエ変換部 1 の出力である各サブキャリア成分とを同期させるため、フーリエ変換部 1 の出力である各サブキャリア成分を所定の時間だけ遅延させ、第 2 除算部 7 に出力する。次に、第 2 除算部 7 では、遅延調整部 6 で遅延された各サブキャリア成分を、内挿フィルタ部 5 から出力された各サブキャリア成分に対応する伝送路特性で除算し、前記遅延された各サブキャリア成分の復調を行う。なお、第 2 除算部 7 の出力は、フーリエ変換部 1 の出力に対して振幅補正及び位相補正が施されたサブキャリア成分である。ここで、図 3

に、本実施の形態に係るサブキャリア成分の信号点平面図を示す。なお、図3では、横軸を実軸I、縦軸を虚軸Qとし、パイロット信号を黒丸、それ以外のサブキャリア成分を白丸として表している。また、図3では、パイロット信号がBPSK(Binary Phase Shift Keying)、その他のサブキャリア成分が16値QAM(Quadrature Amplitude Modulation)で伝送されている場合を示している。

第2除算部7から出力されたパイロット信号の信号点平面上の点と、送信パイロット信号の信号点平面上の点との距離又は距離の2乗値は、復調信号における雑音電力に比例して増大する。そこで、本実施の形態における受信装置では、第2除算部7の後段に第1の雑音電力算出部8を設ける。そして、当該雑音電力算出部8により、復調信号に対応する雑音平均電力又は信号対雑音電力比に比例する雑音電力信号を生成する。なお、以下の説明においては前記雑音平均電力又は前記信号対雑音電力比のうち雑音平均電力に基づいて前記ブランチメトリックに対する重み付けを行う場合について説明する。

図4に、本実施の形態の受信装置における第1の雑音電力算出部8の構成図を示す。図4では、第2除算部7からの出力が、パイロット補正信号抽出部80に入力される。パイロット補正信号抽出部80では、第2除算部7から出力されたサブキャリア成分からパイロット信号を抽出して、当該パイロット信号を信号点距離算出部81に出力する。信号点距離算出部81では、パイロット補正信号抽出部80から出力されたパイロット信号の信号点平面上の点と、送信パイロット信号の信号点平面上の点との距離又は距離の2乗値を算出して平均化部82に出力する。平均化部82では、信号点距離算出部81から出力された各パイロット信号に対応する、信号点間の距離又は距離の2乗値の平均値を算出し、当該平均値に対応する信号を、復調信号の雑音平均電力に対応する雑音電力信号として第1のブランチメトリック重み係数算出部9に出力する。なお、復調信号における雑音平均電力が大きいほど、第1の雑音電力算出部8から出力された信号強度(振幅値)が大きくなる。

第1のブランチメトリック重み係数算出部9は、内挿フィルタ部5から出力された各サブキャリア成分に対応する伝送路特性と、第1の雑音電力算出部8から

出力された前記雑音電力信号とから、ビタビ復号に用いるブランチメトリックに対する重み係数を算出する。図5に、本実施の形態に係る第1のブランチメトリック重み係数算出部9の構成図を示す。図5において、内挿フィルタ部5からの伝送路特性は、信号レベル算出部90に入力される。この信号レベル算出部90では、内挿フィルタ部5から出力された伝送路特性に基づいてサブキャリア成分毎に振幅又は振幅の2乗値（以下、伝送路特性電力情報ともいう）を算出する。信号レベル算出部90で算出された伝送路特性電力情報は、レベル変換部91に入力される。このレベル変換部91では、第1の雑音電力算出部8からの雑音電力信号に応じて、信号レベル算出部90からの伝送路特性電力情報に係数を乗じ、さらにオフセット値を加算してブランチメトリックに対する重み係数を算出する。

ここで、オフセット値は、実際にハードウェアを構成したときに生じるビット制限や丸めの影響などを軽減するための微調整を行う値である。なお、伝送路特性電力情報に乘じる係数や加算するオフセット値は、シミュレータや実際に作製したハードウェアを用いて、受信信号の各種条件を変化させながら復調後の誤り率を測定することで最適な値を求めることができる。

第1のブランチメトリック重み係数算出部9で算出された重み係数は、ビタビ復号部10に入力される。このビタビ復号部10では、第1のブランチメトリック重み係数算出部9から出力された重み係数に基づいて、第2除算部7から出力されたサブキャリア成分に対応するブランチメトリックを算出し、このブランチメトリックの累積加算結果のうち最小となるパスを選択して復号した信号（以下、S2ともいう）を出力する。

図6に、本実施の形態に係るビタビ復号部10の構成図を示す。図6において、第2除算部7から出力された各サブキャリア成分は、ブランチメトリック演算部100に入力される。このブランチメトリック演算部100では、復調したサブキャリア成分の信号点と、受信した信号に対応する変調方式によって一義的に定まる各シンボルに対応する信号点との距離を求め、送信装置における畳み込み符号化器の構成によって決まるブランチメトリックを所定の個数分算出する。ブランチメトリック演算部100で算出されたブランチメトリックは、重み係数乗算部101に入力される。重み係数乗算部101では、ブランチメトリック演算部

100から入力された各ブランチメトリックに対して、第1のブランチメトリック重み係数算出部9で算出した重み係数を乗算する。重み係数が乗算された各ブランチメトリックは、加算・比較・選択部102において累積加算され、複数のパスが算出される。また、加算・比較・選択部102では、算出されたそれぞれのパスを比較し、最も値が小さくなるパスを選択する。この選択したパスのブランチメトリックの累積加算結果を、生き残りパスメトリックとしてバスメモリ部103に記憶する。このバスメモリ部103では、生き残りパスメトリックを記憶し、このパスメトリックに対応する情報系列を復号信号として出力する。

以上のように、本実施の形態における受信装置によれば、雑音電力を考慮したビタビ復号が可能となり、復号後の誤り率を低減することができる。

(実施の形態2)

実施の形態1における受信装置では、復調したパイロット信号に基づいて雑音電力信号を生成し、当該雑音電力信号に基づいてブランチメトリックの重み係数を算出した。本実施の形態における受信装置では、受信信号の入力レベルから雑音電力信号を生成し、当該雑音電力信号に基づいてブランチメトリックの重み係数を算出する。

図7に、本実施の形態に係る受信装置の構成図を示す。図7に示した受信装置において、フーリエ変換部1、パイロット抽出部2、既知信号生成部3、第1除算部4、内挿フィルタ部5、遅延調整部6、第2除算部7、第1のブランチメトリック重み係数算出部9及びビタビ復号部10が用いられているが、これらは実施の形態1と同様の機能を有する。よって、これらの構成については実施の形態1と同様の符号を付記し、説明を省略する。本実施の形態における受信装置は、受信レベル調整部11、受信レベル誤差検出部12、及び当該受信レベル調整部11及び受信レベル誤差検出部12の出力に基づいて雑音電力信号を出力する第2の雑音電力算出部13を備える。なお、本実施の形態における受信装置には、第2の雑音電力算出部13が設けられるため、実施の形態1の受信装置における第1の雑音電力算出部8を設けない。

伝送路を伝わり受信装置で受信された直後の受信信号（以下、S0ともいう）は、所定の周波数帯域に周波数変換し所望の信号レベルに調整する前の信号であ

る。このS 0は、受信レベル調整部1 1に入力される。この受信レベル調整部1 1では、受信レベル誤差検出部1 2から出力される信号（以下、ゲイン調整信号ともいう。）に基づいてS 0の信号レベルを所望のレベルに調整する。受信レベル誤差検出部1 2では、受信レベル調整部1 1の出力信号の電力を算出し、これを所定のレベルと比較してレベル誤差を検出する。さらに、受信レベル誤差検出部1 2では、前記レベル誤差を検出した結果における高域成分をフィルタによって抑圧し、ゲイン調整信号として受信レベル調整部1 1に出力する。なお、これら受信レベル調整部1 1と受信レベル誤差検出部1 2で構成される回路は、A G C（Automatic Gain Control）回路として一般に知られている。

本実施の形態における受信装置では、受信レベル誤差検出部1 2から出力されたゲイン調整信号が、第2の雑音電力算出部1 3にも入力される。この第2の雑音電力算出部1 3は、受信レベル誤差検出部1 2から出力されるゲイン調整信号に基づいて受信信号に対応する雑音電力信号を出力する。すなわち、S 0の信号電力が所望のレベルよりも小さい場合、受信レベル調整部1 1では信号レベルを増幅するが、このとき雑音成分も同様に増幅されるため、S 1に対応する雑音平均電力は相対的に大きくなる。逆に、S 0の信号電力が大きい場合、信号の増幅度が減少するため、雑音成分の増幅度も小さくなり、S 1における雑音平均電力は相対的に小さくなる。よって、ゲイン調整信号の大きさによって雑音平均電力の相対値が推定できる。

第2の雑音電力算出部1 3の構成としては、例えば、ゲイン調整信号を雑音電力信号に変換するテーブルを有し、このテーブルに基づいて雑音電力信号を第1のプランチメトリック重み係数算出部9に出力する構成が考えられる。なお、S 0の増幅度が大きくなるようなゲイン調整信号の場合には、雑音平均電力が大きくなると推定できることから、当該テーブルにおける雑音電力信号は大きな値が設定され、一方、S 0の増幅度が小さくなるようなゲイン調整信号の場合には、雑音平均電力が小さくなると推定できることから、当該テーブルにおける雑音電力信号は小さな値が設定される。

以上のように、本実施の形態における受信装置によれば、雑音平均電力を考慮

したビタビ復号が可能となり、復号後の誤り率を低減することができる。

(実施の形態 3)

実施の形態 1 における受信装置では、第 1 のブランチメトリックの重み係数算出部 9 において、内挿フィルタ 5 の出力から各サブキャリア成分の伝送路特性電力情報を算出し、この伝送路特性電力情報に対して、雑音電力信号に応じた係数を乗じ、さらにオフセット値を加算してブランチメトリックの重み係数を算出した。本実施の形態における受信装置では、伝送路特性電力情報に対して所定の関数による信号変換を行い、この変換後の信号に対して、雑音電力信号に応じた係数を乗じ、さらにオフセット値を加算してブランチメトリックの重み係数を算出する。

図 8 に本実施の形態に係る受信装置の構成図を示す。なお、図 8 に示した受信装置において、フーリエ変換部 1、パイロット抽出部 2、既知信号生成部 3、第 1 除算部 4、内挿フィルタ部 5、遅延調整部 6、第 2 除算部 7、第 1 の雑音電力算出部 8 及びビタビ復号部 10 は、実施の形態 1 で説明した受信装置と同様の機能を有する。よって、これらの構成については実施の形態 1 における受信装置と同一の符号を付記し、説明を省略する。なお、本実施の形態に係る受信装置においては、第 2 のブランチメトリック重み係数算出部 14 を設け、実施の形態 1 に係る受信装置における第 1 のブランチメトリック重み係数算出部 9 は設けない。

第 2 のブランチメトリック重み係数算出部 14 は、内挿フィルタ部 5 の出力及び第 1 の雑音電力算出部 8 の出力から、ビタビ復号部 10 に用いられるブランチメトリックに対する重み係数を算出する。但し、当該第 2 のブランチメトリック重み係数算出部 14 は、内挿フィルタ部 5 の出力から得られる伝送路特性電力情報に対して所定の関数による信号変換を行う点で第 1 のブランチメトリック重み係数算出部 9 と異なる。図 9 に、本実施の形態に係る第 2 のブランチメトリック重み係数算出部 14 の構成図を示す。

図 9 において、内挿フィルタ部 5 から出力された伝送路特性は、信号レベル算出部 90 に入力される。この信号レベル算出部 90 は、内挿フィルタ部 5 から出力された伝送路特性に基づいて各サブキャリア成分に対応する伝送路特性電力情報を算出する。信号レベル算出部 90 で算出された伝送路特性電力情報は、レベ

ル変換テーブル部 140 に入力される。このレベル変換テーブル部 140 は、予め定められた変換基準によって、信号レベル算出部 90 から出力される伝送路特性電力情報を変換するレベル変換基準部として機能する。当該レベル変換テーブル部 140 の構成としては、例えば、当該レベル変換テーブル部 140 に、前記変換基準として設定された所定の関数によって伝送路特性電力情報に対応する信号と関係付けられた出力値が予め格納され、入力される前記伝送路特性電力情報に応じて当該出力値を出力する変換テーブルを設ければよい。

この関数として、例えば図 10 に示すような非線形関数を使用することができる。図 10 において、横軸は入力信号である伝送路特性電力情報に対応する信号の値（例えば、電力値。）、縦軸は出力信号である変換後の伝送路特性電力情報に対応する信号の値（例えば、電力値。）をそれぞれ示す。図 10 では、大きな入力信号に対して出力信号がクリップされている部分（図 10 中の T_h 以上の部分）が存在する。この部分は、伝送路特性電力情報が一定のレベル以上であり、復号する情報の信頼性が十分高いため、重み係数を大きくしなくとも復号後の誤り率に大きな影響は出ないとみなすことができる部分である。また、重み係数を大きくせずに一定値にすることで、重み係数のビット数を制限して回路規模を縮小することができるという利点もある。

さらに図 10 では、入力信号が小さいほど出力信号が小さくなるような非線形曲線となっている。これは、伝送路特性電力情報に対応する信号が小さい場合、復号する情報の信頼性が低いため、重み係数をより小さく設定する方が復号後の誤り率を低減できるという利点があるためである。なお、変換テーブルに用いられる関数は、図 10 に示した関数に限られず、シミュレータや実際に作製したハードウェアを用いて、受信信号の各種条件を変化させながら復調後の誤り率を測定することで最適な関数を適用する。

レベル変換テーブル部 140 において変換された信号は、レベル変換部 91 に入力される。このレベル変換部 91 では、第 1 の雑音電力算出部 8 からの雑音電力信号に応じて、レベル変換テーブル部 140 において変換された信号に係数を乗じ、さらに、オフセット値を加算してブランチメトリックに対する重み係数を算出する。なお、レベル変換テーブル部 140 において変換された信号に乗じる

係数や加算するオフセット値も、シミュレータや実際に作製したハードウェアを用いて、受信信号の各種条件を変化させながら復調後の誤り率を測定することで最適な値を求めることができる。

以上のように、本実施の形態における受信装置によれば、伝送路特性電力情報に対して所望の信号変換ができ、復号後の誤り率を低減することができる。

(実施の形態 4)

実施の形態 1 における受信装置では、サブキャリア成分の変調方式又は符号化率とは無関係にブランチメトリックの重み係数を算出していた。本実施の形態における受信装置では、サブキャリア成分の変調方式又は符号化率を考慮して最適なブランチメトリックの重み係数を算出する。

図 11 に、本実施の形態に係る受信装置の構成図を示す。なお、図 11 に示した受信装置において、フーリエ変換部 1、パイロット抽出部 2、既知信号生成部 3、第 1 除算部 4、内挿フィルタ部 5、遅延調整部 6、第 2 除算部 7、第 1 の雑音電力算出部 8 及びビタビ復号部 10 は実施の形態 1 で説明した受信装置と同様の機能を有する。よって、これらの構成については実施の形態 1 における受信装置と同一の符号を付記し、説明を省略する。なお、本実施の形態に係る受信装置においては、第 3 のブランチメトリック重み係数算出部 15 を設けるため、実施の形態 1 に係る受信装置における第 1 のブランチメトリック重み係数算出部 9 は設けない。

第 3 のブランチメトリック重み係数算出部 15 は、サブキャリア成分の変調方式又は符号化率を考慮して、内挿フィルタ部 5 の出力及び第 1 の雑音電力算出部 8 の出力からビタビ復号部 10 に用いるブランチメトリックに対する重み係数を算出する。図 12 に、本実施の形態に係る第 3 のブランチメトリック重み係数算出部 15 の構成図を示す。

図 12 において、内挿フィルタ部 5 から出力された伝送路特性は、信号レベル算出部 90 に入力される。この信号レベル算出部 90 では、内挿フィルタ部 5 から出力された伝送路特性に基づいて各サブキャリア成分に対応する伝送路特性電力情報を算出する。信号レベル算出部 90 で算出された伝送路特性電力情報は、レベル変換テーブル部 140 に入力される。このレベル変換テーブル部 140 は、

変換テーブルによって、信号レベル算出部 90 から出力される伝送路特性電力情報を変換する。変換テーブルには、所定の関数によって、伝送路特性電力情報に対応する信号と関係付けられた出力値が予め格納されている。

レベル変換テーブル部 140 において電力情報を変換することにより得られた信号は、レベル変換部 91 に入力される。レベル変換部 91 は、レベル変換テーブル部 140 における変換によって得られた信号に対し、ゲインテーブル部 150 の出力に応じた係数を乗じ、さらに、オフセットテーブル部 151 の出力に応じたオフセット値を加算する。ここで、ゲインテーブル部 150 は、変調方式又は符号化率の情報に応じて第 1 の雑音電力算出部 8 の出力を調整し、その値をレベル変換部 91 に出力する機能を有する調整部である。また、オフセットテーブル部 151 は、変調方式又は符号化率に対応する情報に応じて、第 1 の雑音電力算出部 8 の出力を調整し、その値をレベル変換部 91 に出力する機能を有する調整部である。

なお、前記変調方式又は前記符号化率に対応する情報は、受信した信号に当該変調方式又は前記符号化率に対応する情報が含まれる場合には、当該受信した信号から抽出してゲインテーブル部 150 に入力してもよいし、送信装置において使用される前記変調方式又は前記符号化率が既知である場合には予め当該ゲインテーブル 150 部に設定しておいてもよい。また、ゲインテーブル部 150 及びオフセットテーブル部 151 における調整に用いられる変換テーブルや関数などは、シミュレータや実際に作製したハードウェアを用いて、受信信号の各種条件を変化させながら復調後の誤り率を測定すること求められている。ここで、変調方式の例として QPSK、64QAM などがあり、符号化率の例として $1/2$ 、 $7/8$ などがある。

以上のように、本実施の形態における受信装置によれば、サブキャリア成分の変調方式や畳み込み符号の符号化率に応じてブランチメトリックに対する重み係数を最適化でき、さまざまな変調方式又は符号化率で送信される信号に対して適応的に対応して復号後の誤り率を低減することができる。

なお、本実施の形態においては、当該受信装置にレベル変換テーブル部 140 を設ける場合について説明したが、当該受信装置においてはレベル変換テーブル

部 1 4 0 を設けなくても同様の効果を得ることができる。

また、前記実施の形態 1 乃至 4 における受信装置においては、前記雑音平均電力に基づいて前記ブランチメトリックに対する重み付けを行う場合について説明したが、前記信号対雑音電力比を記雑音平均電力と同様に扱うことで前記実施の形態 1 乃至 4 における受信装置と同様の効果を得ることができる。

また、前記実施の形態 1 乃至 4 においては、日本における地上波デジタル TV 放送方式に使用される OFDM 方式の場合について説明したが、前記実施の形態 1 乃至 4 に係る受信装置は、当該 OFDM 方式に限られず、所定の既知信号に基づいて復調を行う方式であれば他の方式にも適用することができる。

この発明は詳細に説明されたが、上記した説明は、全ての局面において、例示であって、この発明がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、この発明の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

請求の範囲

1. 受信したOFDM信号をフーリエ変換して、当該フーリエ変換の結果得られるサブキャリア成分を出力するフーリエ変換部(1)と、

前記サブキャリア成分に含まれるパイロット信号を抽出するパイロット信号抽出部(2)と、

前記パイロット信号に対応する既知信号を生成して出力する既知信号生成部(3)と、

前記パイロット信号を前記既知信号で除算して、前記パイロット信号に対応する伝送路特性を出力する第1除算部(4)と、

前記パイロット信号に対応する伝送路特性に基づいて、前記サブキャリア成分に対応する伝送路特性を算出する内挿フィルタ部(5)と、

前記フーリエ変換部(1)から出力された前記サブキャリア成分を、前記内挿フィルタ部(5)から出力された前記伝送路特性で除算して復調信号を出力する第2除算部(7)と、

前記復調信号に基づいて、当該復調信号に含まれる雑音成分に対応する電力を算出して、当該算出の結果に対応する雑音電力信号を出力する雑音電力算出部(8)と、

前記内挿フィルタ部から出力された前記サブキャリア成分に対応する伝送路特性と前記雑音電力信号とに基づいてブランチメトリックに対する重み係数を算出する重み係数算出部(9)と、

前記重み係数に基づいて前記復調信号を復号する復号部(10)とを備えるOFDM信号受信装置。

2. 前記雑音電力算出部(8)は、

前記復調信号に含まれるパイロット信号を抽出するパイロット補正信号抽出部(80)と、

前記抽出された前記パイロット信号の信号点と前記既知信号の信号点との間の距離又は当該距離の2乗値を算出する信号点距離算出部(81)と、

前記信号点距離算出部(81)において算出された各々の前記パイロット信号に対応する前記距離又は前記距離の2乗値の平均値を算出し、当該算出の結果に

対応する信号を前記雑音電力信号として出力する平均化部（８２）とを備えることを特徴とする請求項１に記載のＯＦＤＭ信号受信装置。

３．前記雑音電力算出部（８）は、

受信した前記ＯＦＤＭ信号に対応する電力値と所定のしきい値との差に対応する信号に基づいて、前記ＯＦＤＭ信号に含まれる雑音成分に対応する電力値を算出し、当該算出の結果に対応する信号を前記雑音電力信号として出力することを特徴とする請求項１に記載のＯＦＤＭ信号受信装置。

４．前記重み係数算出部（９）は、

前記サブキャリア成分に対応する伝送路特性に基づいて、当該サブキャリア成分に対応する信号の振幅又は当該振幅の２乗値を算出して出力する信号レベル算出部（９０）と、

前記雑音電力信号に応じて、前記振幅又は前記振幅の２乗値に所定の係数を乗算し、当該乗算の結果に所定のオフセットを与えた結果を前記重み係数として出力するレベル変換部（９１）とを備えることを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載のＯＦＤＭ信号受信装置。

５．前記重み係数算出部（９）は、

所定の関数によって、前記振幅又は前記振幅の２乗値と関係付けられた出力値が格納された変換テーブルを含んで構成されるレベル変換基準部（１４０）をさらに備え、

前記レベル変換部（９１）は、前記レベル変換基準部から出力された前記出力値に前記所定の係数を乗算し、当該乗算の結果に前記所定のオフセットを与えた結果を前記重み係数として出力することを特徴とする請求項４に記載のＯＦＤＭ信号受信装置。

６．前記所定の関数は、非線形関数であって、

前記レベル変換基準部（１４０）は、前記振幅又は前記振幅の２乗値が所定の値よりも小さい場合には、当該振幅又は当該振幅の２乗値と前記出力値とが線形関係にある場合の出力値よりも小さい値を前記出力値として出力し、

前記振幅又は前記振幅の２乗値が所定の値以上である場合には、一定値を前記出力値として出力することを特徴とする請求項５に記載のＯＦＤＭ信号受信装置。

7. 前記重み係数算出部(9)は、

前記OFDM信号に対応する変調方式又は符号化率に基づいて、前記雑音電力信号を調整して、当該調整後の雑音電力信号を前記レベル変換部に出力する調整部(150, 151)をさらに備えることを特徴とする請求項4に記載のOFDM信号受信装置。

8. 前記重み係数算出部(9)は、

前記OFDM信号に対応する変調方式又は符号化率に基づいて、前記雑音電力信号を調整して、当該調整後の雑音電力信号を前記レベル変換部に出力する調整部(150, 151)をさらに備えることを特徴とする請求項5に記載のOFDM信号受信装置。

9. 前記重み係数算出部(9)は、

前記OFDM信号に対応する変調方式又は符号化率に基づいて、前記雑音電力信号を調整して、当該調整後の雑音電力信号を前記レベル変換部に出力する調整部(150, 151)をさらに備えることを特徴とする請求項5に記載のOFDM信号受信装置。

10. 受信したOFDM信号をフーリエ変換して、当該フーリエ変換の結果得られるサブキャリア成分を出力し、

前記サブキャリア成分に含まれるパイロット信号を抽出し、

前記パイロット信号に対応する既知信号を生成して出力し、

前記パイロット信号を前記既知信号で除算して、前記パイロット信号に対応する伝送路特性を算出し、

前記パイロット信号の前記伝送路特性に基づいて、前記サブキャリア成分に対応する伝送路特性を算出し、

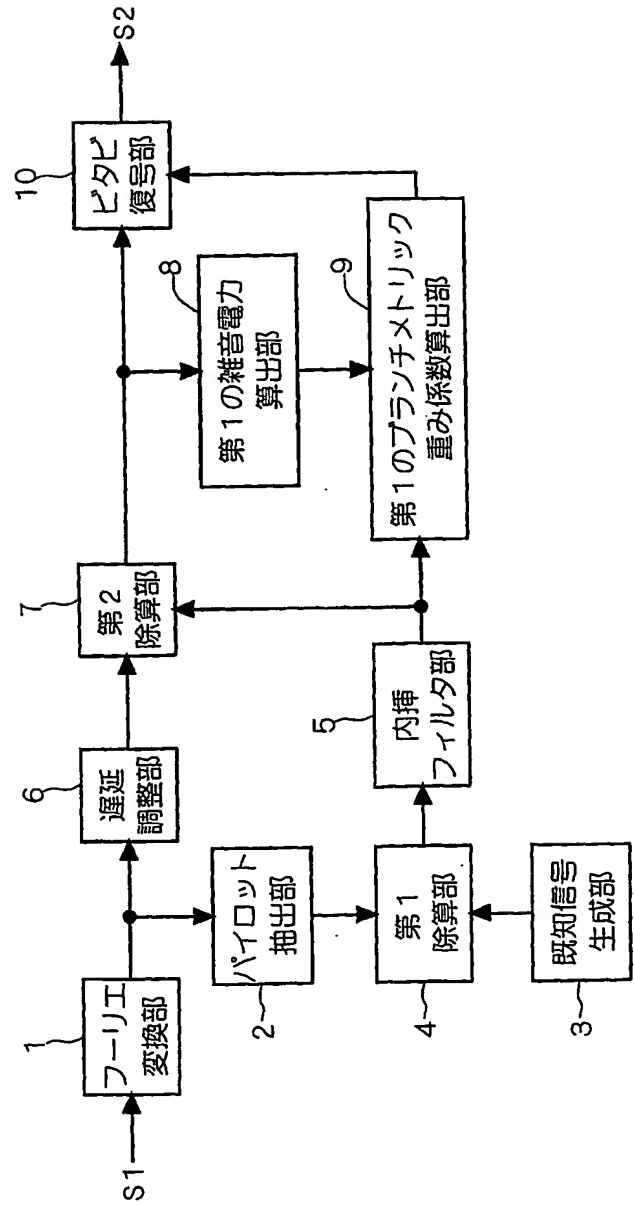
前記サブキャリア成分を、前記サブキャリア成分に対応する伝送路特性で除算して復調信号を出力し、

前記復調信号に基づいて、当該復調信号に含まれる雑音成分に対応する電力を算出して、当該算出の結果に対応する雑音電力信号を出力し、

前記サブキャリア成分に対応する伝送路特性と前記雑音電力信号とに基づいてブランチメトリックに対する重み係数を算出し、

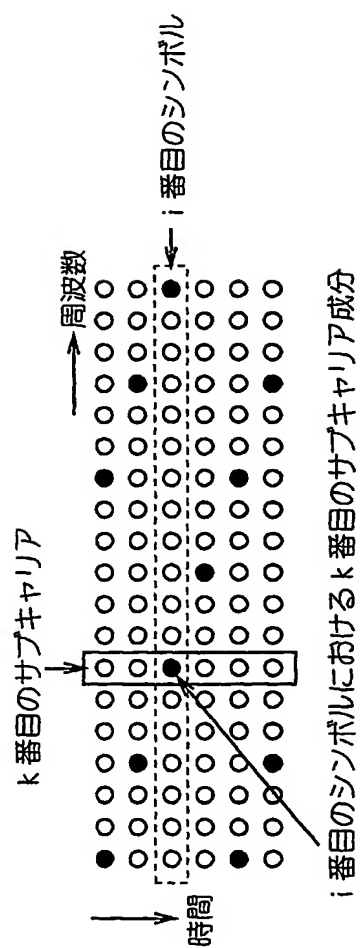
前記重み係数に基づいて前記復調信号を復号することを含むOFDM信号受信方法。

図 1



2/12

図 2



3/12

図 3

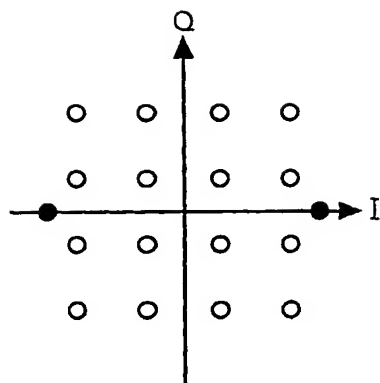


図 4

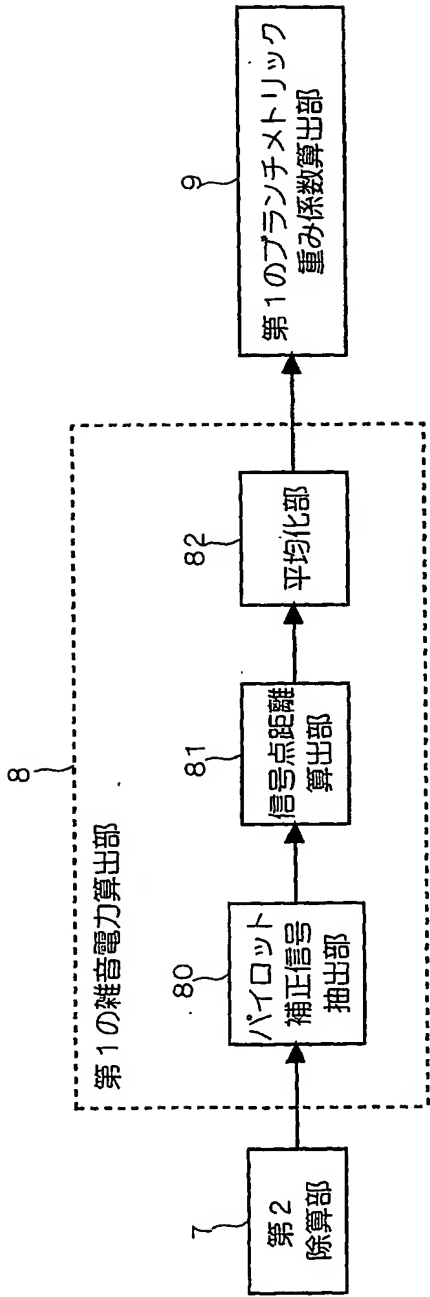
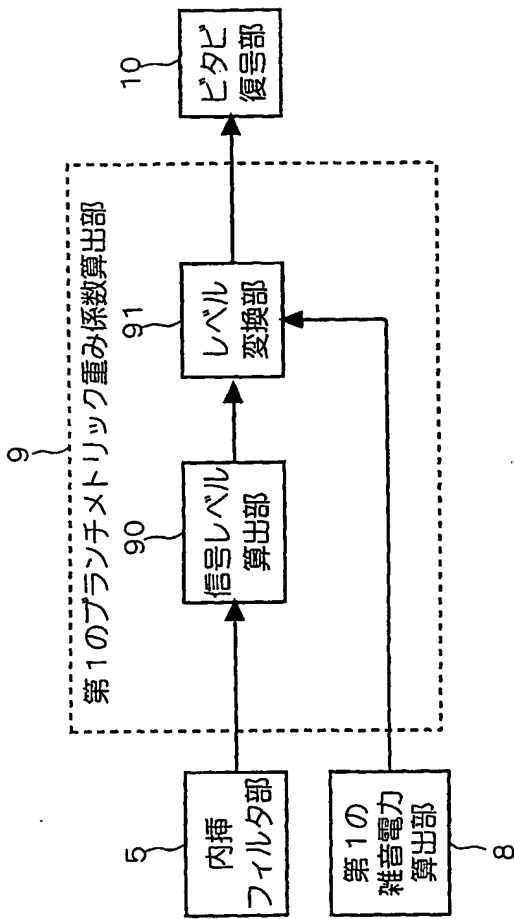


図 5



6/12

図 6

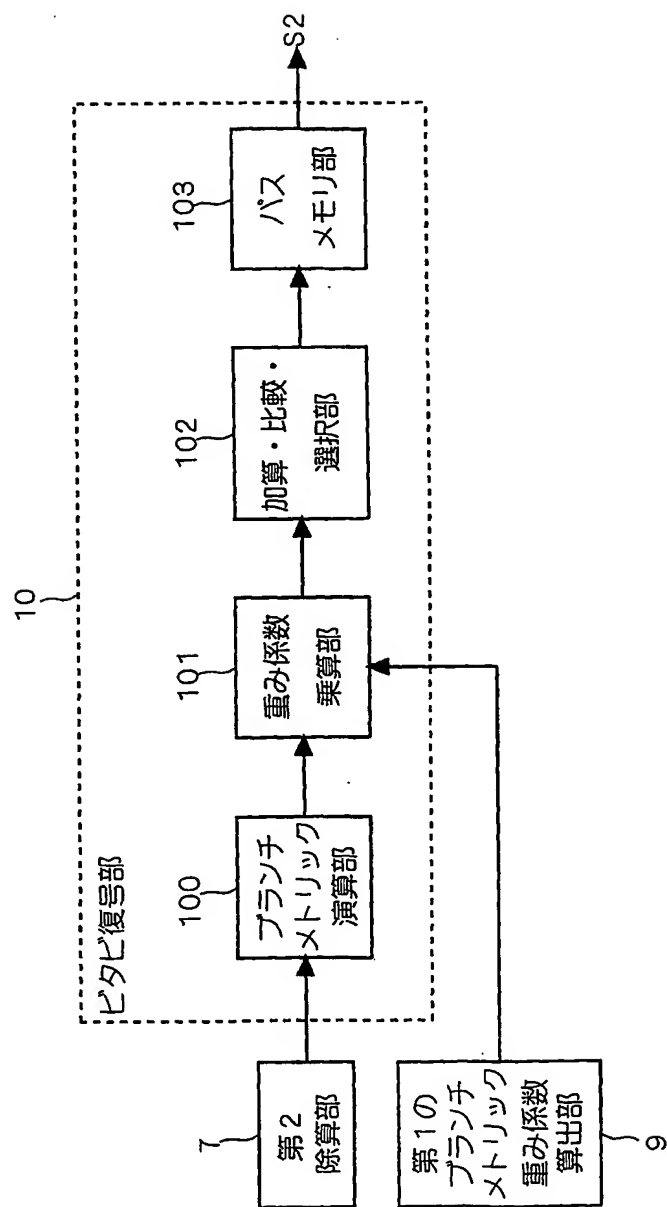
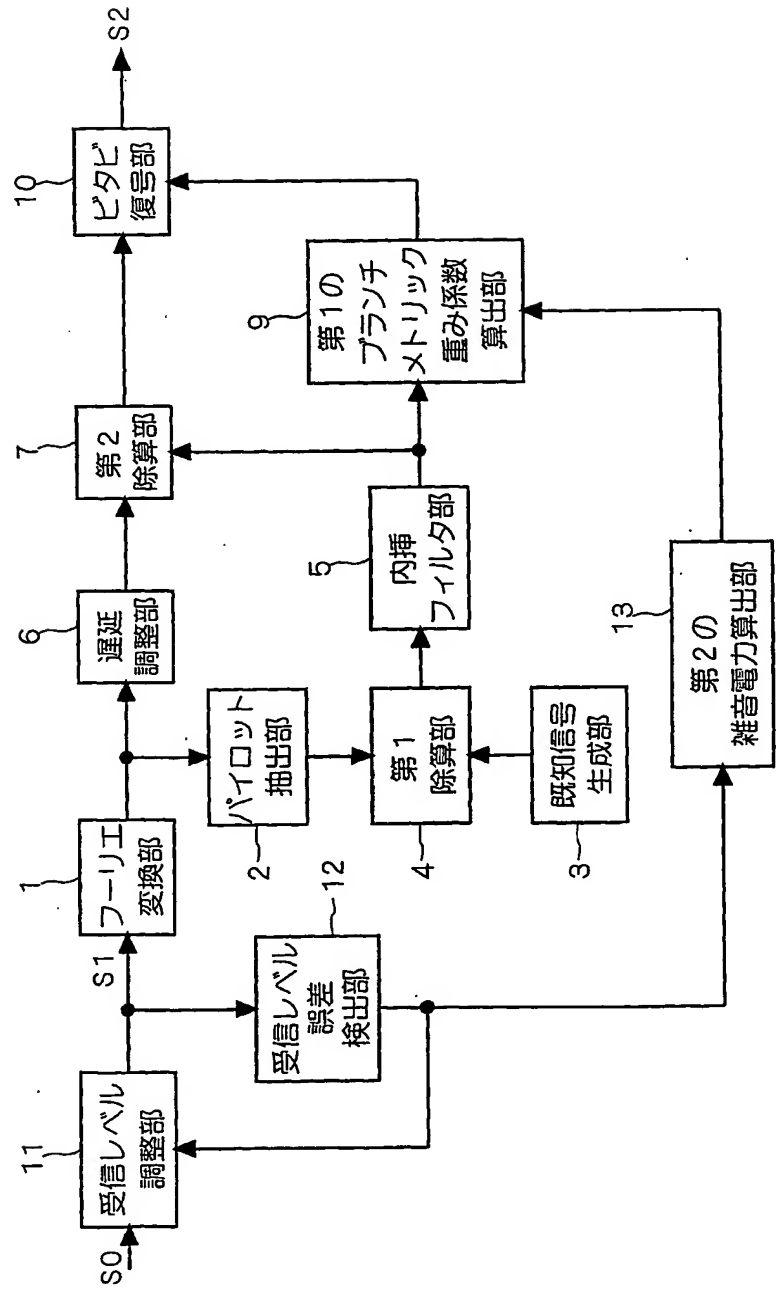


図 7



8/12

図 8

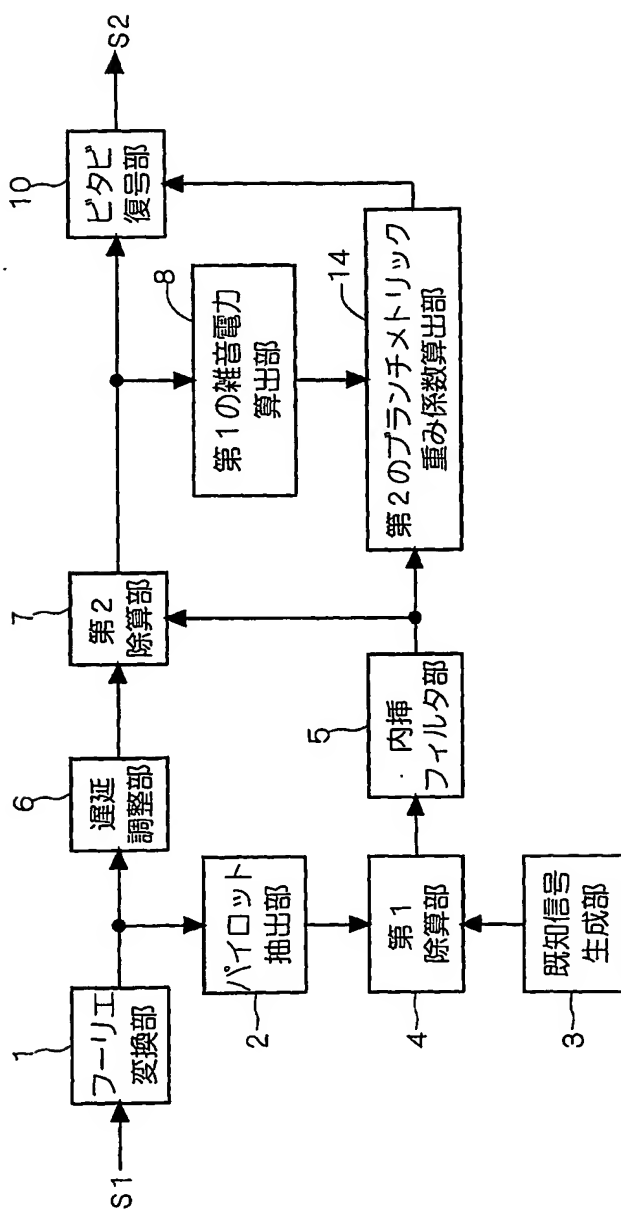
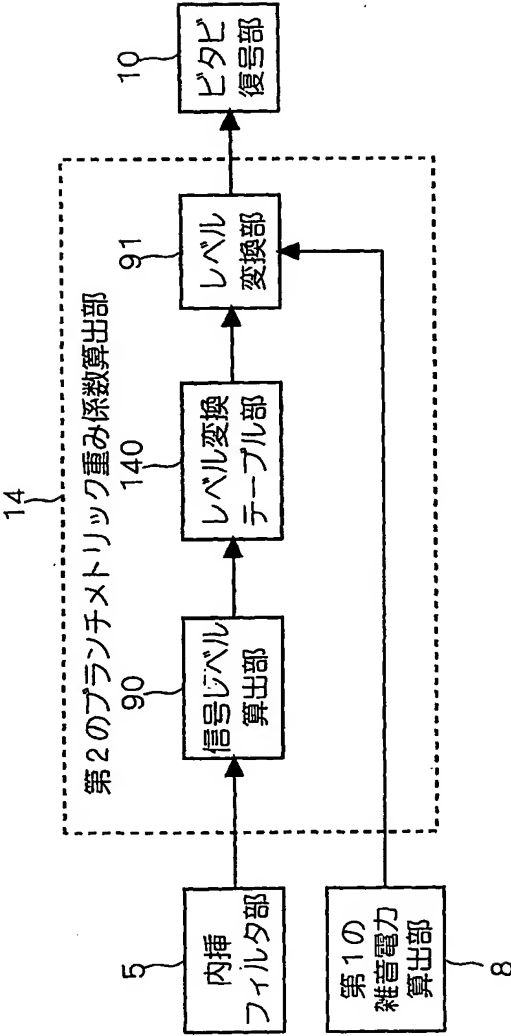
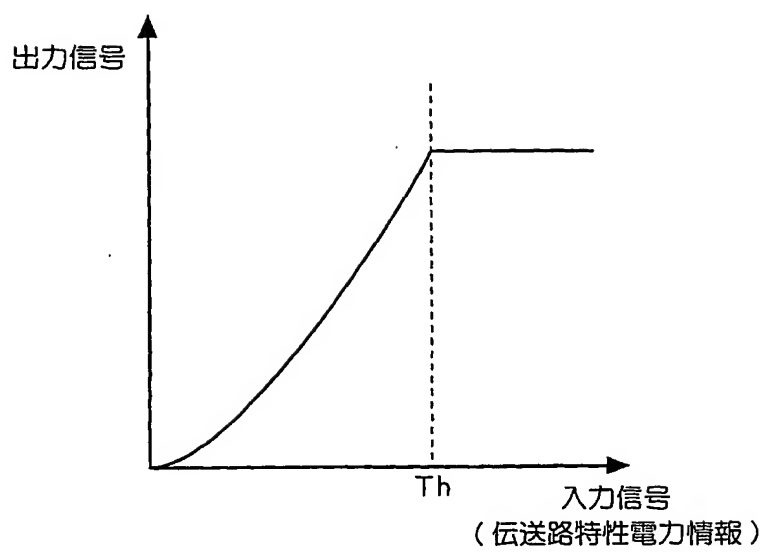


図9



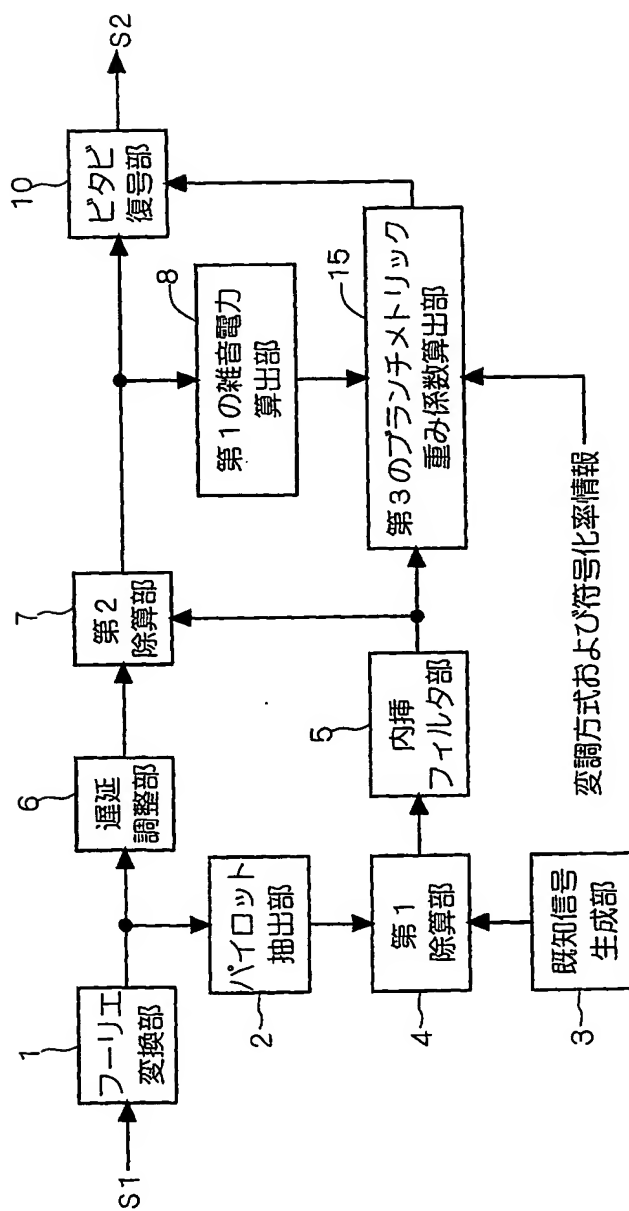
10/12

図 10



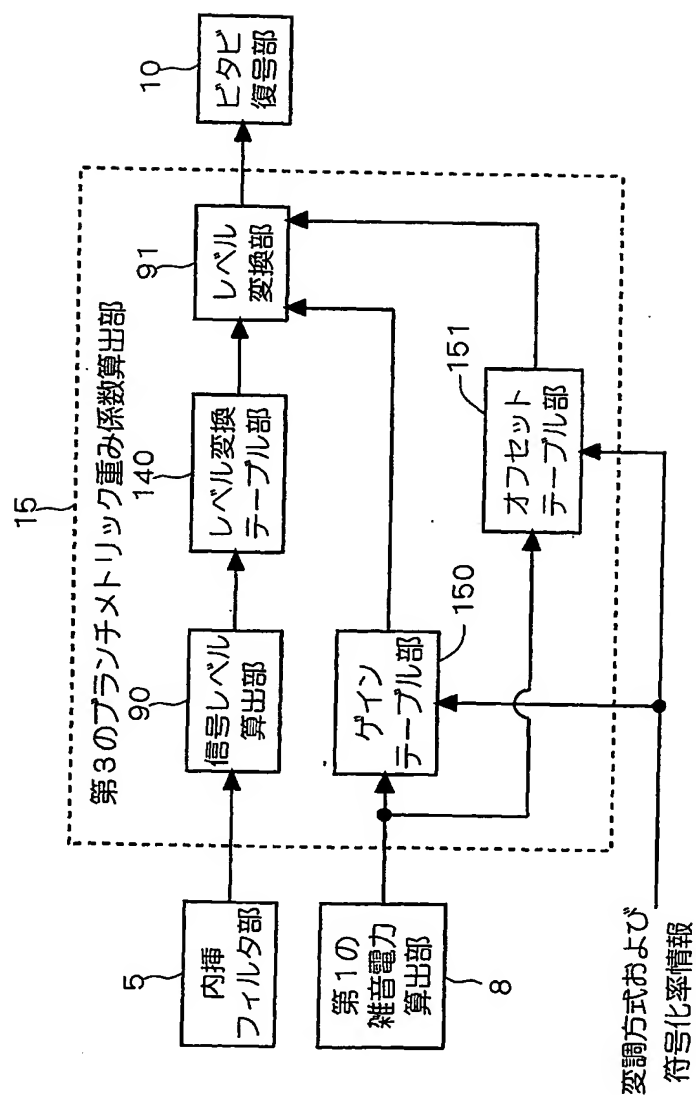
11/12

図 1 1



12/12

図 12



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16299

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04J11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04J11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-094484 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 29 March, 2002 (29.03.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2002-026860 A (Sony Corp.), 25 January, 2002 (25.01.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
30 March, 2004 (30.03.04)

Date of mailing of the international search report
20 April, 2004 (20.04.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.